

基于病床周转率和平均逗留时间的病床安排问题

摘 要

本文旨在通过建立数学建模来解决某医院住院部的病床安排问题，以提高对医院资源的有效利用。

首先，我们通过分析确定了一些评价指标体系，如病床使用率、病床周转次数、平均住院日和平均逗留时间，用以评价病床安排模型的优劣。

其次，为了根据已知的第二天拟出院病人数来确定第二天应该安排哪些病人住院，并结合各个病种的特殊性，我们建立了基于平均逗留时间的病床安排线性规划模型（模型 I）和基于病床周转率的病床安排线性规划模型（模型 II），在周六、周日安排手术和不安排手术两种不同的情况下，分别给出了每天安排哪些病人住院的方案；在周六、周日不安排手术的情况下，医院的手术安排时间也要作相应的调整。我们利用 Topsis 检验法和基于层次分析法的综合指标检验法，对模型 I 和 II 进行了评价。得出的结论是：利用我们的模型，周六、周日安排手术时的病床工作效率要高于不安排手术时的工作效率，周六、周日不安排手术时的病床工作效率要高于该医院原始的工作效率。

再次，通过对该医院原始数据的统计分析，并利用 Lindeberg-Levy 中心极限定理，我们近似给出了每一类病人平均等待时间的置信水平为 $1-\alpha$ 的置信区间估计，即大致的入住时间区间。

最后，为了从便于管理的角度建立使得所有病人在系统内的平均逗留时间最短的病床比例分配模型，我们建立了基于合作对策的 Shapley 值算法的病床比例分配模型（模型 III）和基于平均逗留时间的病床比例分配模型（模型 IV），分别给出了各个病种的病床分配比例，具体结果如下表所示：

病种 模型	白内障 (单眼)	白内障 (双眼)	视网膜疾病	青光眼	外伤
模型III下比例	0.203	0.316	0.329	0.127	0.025
模型IV下比例	0.228	0.266	0.329	0.139	0.038

关键词：病床使用率；病床周转次数；平均住院日；平均逗留时间；Topsis 检验法； Shapley 值算法； Lindeberg-Levy 中心极限定理；层次分析法

一、问题的重述

医院就医排队是大家都非常熟悉的现象，它以这样或那样的形式出现在我们面前，例如，患者到门诊就诊、到收费处划价、到药房取药、到注射室打针、等待住院等，往往需要排队等待接受某种服务。

假设某医院眼科门诊每天开放，住院部共有病床 79 张。该医院眼科手术主要分四大类：白内障、视网膜疾病、青光眼和外伤。白内障手术较简单，而且没有急症。目前该院是每周一、三做白内障手术，此类病人的术前准备时间只需 1、2 天。做两只眼的病人比做一只眼的要多一些，大约占到 60%。如果要做双眼是周一先做一只，周三再做另一只。外伤疾病通常属于急症，病床有空时立即安排住院，住院后第二天便会安排手术。其他眼科疾病比较复杂，有各种不同情况，但大致住院以后 2-3 天内就可以接受手术，主要是术后的观察时间较长。这类疾病手术时间可根据需要安排，一般不安排在周一、周三。由于急症数量较少，建模时这些眼科疾病可不考虑急症。

该医院眼科手术条件比较充分，在考虑病床安排时可不考虑手术条件的限制，但考虑到手术医生的安排问题，通常情况下白内障手术与其他眼科手术（急症除外）不安排在同一天做。当前该住院部对全体非急症病人是按照 FCFS（First come, First serve）规则安排住院，但等待住院病人队列却越来越长，我们需要解决的主要问题是通过数学建模来帮助解决该住院部的病床合理安排问题，以提高对医院资源的有效利用。具体有如下几个问题：

问题一：分析确定合理的评价指标体系，用以评价该问题的病床安排模型的优劣。

问题二：就该住院部当前的情况，建立病床安排模型，以根据已知的第二天拟出院病人数来确定第二天应该安排哪些病人住院。并对模型利用问题一中的指标体系作出评价；若该住院部周六、周日不安排手术，再根据已知的第二天拟出院病人数来确定第二天应该安排哪些病人住院，此时医院的手术时间安排应作相应调整。

问题三：根据当时住院病人及等待住院病人的统计情况，在病人门诊时即告知其大致入住时间区间。

问题四：从便于管理的角度提出建议，在一般情形下，医院病床安排可采取使各类病人占用病床的比例大致固定的方案，在这种情况下，建立使得所有病人在系统内的平均逗留时间（含等待入院及住院时间）最短的病床比例分配模型。

二、基本假设

- 1、该医院眼科手术条件比较充分；
- 2、不考虑对急诊病人的拒收；
- 3、除了79个病床，不考虑增加床位；
- 4、假设病人源不受季节影响，并且病人源认为是无限源；
- 5、白内障只在周一、三做，如果要做双眼是周一先做一只，周三再做另一只；
- 6、视网膜疾病和青光眼手术不安排在周一、周三做；

三、符号说明

- $n_1(t)$ -----外伤在第 t 天安排住院的人数；
- $n_2(t)$ -----白内障（单眼）在第 t 天安排住院的人数；
- $n_3(t)$ -----白内障（双眼）在第 t 天安排住院的人数；
- $n_4(t)$ -----视网膜疾病青光眼和在第 t 天安排住院的人数；
- $w_1(t)$ -----外伤在第 t 天等待住院的人数；
- $w_2(t)$ -----白内障（单眼）在第 t 天等待住院的人数；
- $w_3(t)$ -----白内障（双眼）在第 t 天等待住院的人数；
- $w_4(t)$ -----视网膜疾病青光眼和在第 t 天等待住院的人数；
- $\varphi_1(v)$ -----白内障（单眼）的病床分配比例；
- $\varphi_2(v)$ -----白内障（双眼）的病床分配比例；
- $\varphi_3(v)$ -----视网膜疾病的病床分配比例；
- $\varphi_4(v)$ -----青光眼的病床分配比例；
- $\varphi_5(v)$ -----外伤的病床分配比例。

四、问题分析

当前大部分医院住院部对全体非急症病人都是按照 FCFS（First come, First serve）规则安排住院，但由于各个病种的情况不一样，比如平均住院日、病床周转次数等，这会导致等待住院病人队列越来越长，医院病床工作效率降低。如何解决医院住院部的病床合理安排问题，以提高对医院资源的有效利用，对各个医院来讲都显得非常重要。我们就是希望能通过建立数学模型解决病床使用率不高的问题。

首先，我们将分析确定合理的评价指标体系，如病床使用率、病床周转次数、平均住院日和平均逗留时间，用以评价此类问题的病床安排模型的优劣，而且它们是反映出病房管理水平和病床工作效率的重要指标。

其次，如何根据已知的第二天拟出院病人数来确定第二天应该安排哪些病人住院是医院住院部急需解决的问题，目前尚没有很好的方法去做。众所周知，所

有病人的平均逗留时间和病床周转率是反映病床管理工作效率的重要指标,所以我们旨在从这两个方面建立病床安排模型。若是周六和周日正常安排手术,考虑到各个病种的特殊性,我们将一个星期分为三个部分(周一和周二、周三、周四和周五、周六和周日),建立基于层次分析法的病床安排线性规划模型;若是周六和周日休息,则将一个星期分为四个部分(周一和周二、周三和周四、周五和周六、周日),将原来的基于层次分析法的病床安排线性规划模型进行修改,根据已知的第二天拟出院病人数来确定第二天应该安排哪些病人住院,并用前面确定的评价指标体系来评价病床安排模型的优劣。

再次,为了给出病人的大致入住时间区间,我们先考虑每一类病人的平均等待时间随时间 t 的图像关系,可以看出同一类病人的平均等待时间非常接近,数据的离散程度也非常小,所以不妨假设同一类病人由就诊到入院的平均等待时间所对应的随机变量是独立同分布的,均值由样本均值来估计,方差由修正的样本方差来估计,由 Lindeberg-Levy 中心极限定理,可以近似给出置信水平为 $1-\alpha$ 的近似置信区间估计,即大致的入住时间区间。

最后,为了从便于管理的角度建立使得所有病人在系统内的平均逗留时间最短的病床比例分配模型,我们建立了以平均逗留时间为目标函数的线性规划,并利用 Matlab 软件给出使得所有病人在系统内的平均逗留时间最短的病床比例分配模型。

五、模型的建立和定量分析

(一)、评价指标体系的确定

病床是医院工作规模的计量单位,通常根据病床编制确定医院的人员编制、设备、经费和物资分配等。分析病床利用情况,对评定医院工作效率具有重要意义。目前,反映医院病床管理的主要指标是病床使用率,它的高低直接反映医院管理现状,但是随着医院改革开放力度的加大,逐渐显示这一指标的单一性和不完整性,以致使它在医院管理指标即工作效率指标中的可信度下降。为此,我们提出以下几个指标,用以评价病床安排模型的优劣。

1、病床使用率

合理安排床位对于有效利用医院的资源是有很大大意义的。床位闲置会带来很多不利影响:医院床位闲置会造成房屋设施的浪费;床位闲置会在很大程度上造成对医院人力成本的浪费;另外按照国家卫生部颁发的标准,医院床位与人员配置标准为 $1:1.6\sim1.7$ 。但是,又不能过分增大床位利用率,否则医院病人数量过大,对于医院的卫生维护是有很大大影响的。另外,医生的精力,医院固定设备的使用情况都是有限的。床位使用率一般为 $90\%\sim93\%$,超过 93% 病床负担过重,使用率过低将会导致资源的浪费。

2、病床周转次数

病床周转次数是衡量医院床位周转速度快慢的重要指标。平均床位工作日和病床使用率,只能说明床位的一般工作负荷状况,还不能表示床位的工作效率情况。分析病床工作效率时,应注意在一定时间内,周转次数多即周转速度快、病床利用情况好,病人平均住院天数少。这样,一方面降低了病人的经济花费和住院时间,另一方面医院的工作效率大大提高,资源的利用率也大大提高。但是,

过高的周转率会带来和上面说的一样的结果，导致医院的各方面负担加大以及不利于病人病情好转。因此，合理的周转次数是必要的。

3、出院者平均住院日、平均逗留时间

目前，缩短住院日和平均逗留时间是开发病床资源的一种重要手段。通过对住院日的深入分析，查找影响住院日各个环节的因素，在保证医疗质量的前提下，缩短平均住院日，不仅能节省床位投资，使现有的卫生资源得到充分有效的利用，使医院的技术优势得到充分发挥，为医院增加了收益，而且对缓解大城市看病难、住院难的矛盾起到重要的作用，产生巨大的社会效益。但这是在保证治疗质量的前提下说的。

以上四个指标是医院工作效率与管理状况的晴雨表。病床使用率是病床在某特定时间内工作效率的综合反映，是反映病床负荷量的指标运用什么方法，对医院的病床使用情况作一个全面、准确的评价，是医院管理者面临的一个重要问题。病床周转次数、平均住院日和平均逗留时间是反映收容量的指标，缩短住院日和平均逗留时间、提高床位周转是提高病床使用率的一条行之有效的办法，它们从不同侧面反映医院的床位利用情况。因此，取病床使用率、病床周转次数、平均住院日和平均逗留时间作为病床工作效率指标是可以反映出病房管理水平和病床工作效率的。我们旨在用这几个指标评价病床安排模型的优劣。

（二）、病床安排线性规划模型

5.2.1 模型的建立与求解

为了提高病房管理水平和病床工作效率，必须合理地对病床进行分配。而要合理地分配病床，必须综合考虑病床周转次数、病床使用率、平均住院日和平均逗留时间。由于青光眼和视网膜疾病情况比较类似，所以我们将青光眼和视网膜疾病视为一类，他们按照 FCFS 规则安排住院。这里我们假设周六、周日正常手术， t 表示时间， $t=1$ 代表 2008 年 8 月 11 日（恰好是周一）。

模型 1、基于平均逗留时间的病床安排线性规划模型

5.2.1.1 模型的建立

我们在问题重述中已经说明，目前该医院是每周一、三做白内障手术，此类病人的术前准备时间只需 1、2 天，做两只眼的病人比做一只眼的要多一些，大约占到 60%，如果要做双眼是周一先做一只，周三再做另一只；青光眼和视网膜疾病比较复杂，但不考虑急症，住院以后 2-3 天内就可以接受手术，而且这类手术一般不安排在周一、周三；外伤疾病通常属于急症，病床有空时立即安排住院，住院后第二天便会安排手术。

考虑到各种眼科疾病的特殊性，我们在安排哪些病人入住时，将一个星期分为三个部分，周一和周二是一个部分，周三、周四和周五是一个部分，周六和周日是一个部分。具体如下：

（1）当 $t=7k+1 (k=0,1,2,\dots)$ （即周一）或 $t=7k+2 (k=0,1,2,\dots)$ （周二）

时，由于外伤属于急症，只要有空病床立即安排住院，所以必须优先考虑外伤；另外，由于做两只眼的白内障手术只能是周一先做一只，周三再做另一只，所以此时不需要考虑安排做两只眼的白内障病人住院；由于周三做白内障手术，不做青光眼和视网膜疾病，从而除了优先考虑安排外伤住院外，必须依次考虑安排做单眼的白内障手术病人以及青光眼和视网膜疾病病人住院。综合考虑以上诸因素，我们的目标是想让所有安排住院病人在系统内的平均逗留时间最短，鉴于此，我们建立以下基于平均逗留时间的病床安排线性规划模型。

若等待住院的病人总数小于或等于出院病人数，则将所有的病人安排住院；若等待住院的病人总数大于出院病人数，我们考虑以下目标函数：

$$\min T = n_1(t) \cdot a_1 + \alpha(n(t) - n_1(t)) \cdot a_2 + \beta(n(t) - n_1(t)) \cdot a_4$$

其约束条件为

$$\begin{cases} \alpha + \beta = 1, \\ \frac{1}{2} \leq \alpha \leq 1, \\ 0 \leq \alpha(n(t) - n_1(t)) \leq w_2(t), \\ 0 \leq \beta(n(t) - n_1(t)) \leq w_4(t). \end{cases}$$

其中， α, β 分别是白内障单眼与青光眼和视网膜疾病病患在第 t 天安排入院时的权重， $n(t)$ 是第 t 天出院的总人数。这里的权重和人数都是变化的，我们旨在利用这个规划函数来求出在安排病人第 t 天入院时的权重和人数分配。

(2) 当 $t = 7k + 3$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (即周三)、 $t = 7k + 4$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (即周四)

或 $t = 7k + 5$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (周五) 时，由于外伤属于急症，只要有空病床立即安排住院，所以必须优先考虑外伤；注意到白内障只能在周一和周三做，所以此时除了安排外伤住院外，只需考虑青光眼和视网膜疾病；若还有多余的闲置病床，则考虑安排白内障病人住院。

(3) 当 $t = 7k + 6$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (即周六) 或 $t = 7k + 7$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (周日)

时，由于外伤属于急症，只要有空病床立即安排住院，所以必须优先考虑外伤；其次，由于做两只眼的白内障手术只能是周一先做一只，周三再做另一只，所以此时除了安排外伤住院外，必须考虑安排做两只眼的白内障手术病人住院；最后再安排做单眼的白内障手术病人以及青光眼和视网膜疾病病人住院。综合考虑以上诸因素，我们的目标是想让所有病人在系统内的平均逗留时间最短，鉴于此，我们建立以下基于平均逗留时间的病床安排线性规划模型。

若等待住院的病人总数小于或等于出院病人数，则将所有的病人安排住院；若等待住院的病人总数大于出院病人数，我们考虑以下目标函数：

$$\min T = n_1(t) \cdot a_1 + \alpha(n(t) - n_1(t)) \cdot a_2 + \beta(n(t) - n_1(t)) \cdot a_3 + \gamma(n(t) - n_1(t)) \cdot a_4$$

其约束条件为

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha + \beta + \gamma = 1, \\ \frac{1}{2} \leq \alpha \leq 1, \\ 0 \leq \beta \leq \frac{1}{2}, \\ \alpha + \beta \leq 1, \\ 0 \leq \alpha(n(t) - n_1(t)) \leq w_2(t), \\ 0 \leq \beta(n(t) - n_1(t)) \leq w_3(t), \\ 0 \leq \gamma(n(t) - n_1(t)) \leq w_4(t) \end{array} \right.$$

其中， α, β, γ 分别是白内障（单眼），白内障（双眼）与视网膜疾病病患在第 t 天入院的安排权重， $n(t)$ 是第 t 天出院的总人数。这里的权重和人数都是变化的，我们旨在利用这个规划函数来求出在第 t 天安排病人入院时的权重和人数分配。

5.2.1.2 模型的求解

对于上述问题中所建立的模型，我们主要采用Matlab和Lingo软件结合Excle软件共同处理的手段，将程序计算出的数据输入Excle软件后，利用软件的强大统计能力，得到相应的数据，再利用结果来安排病患入院的次序，具体结果见表 5. 2. 1（部分结果）和附表1及附表2：

表 5. 2. 1

	星期	日期	出院人数	白内障 单眼	白内障 双眼	青光眼与视 网膜疾病	外伤	总逗留时间
医院原始 出入院安 排及总逗 留时间	周一	2008-8-11	6	0	0	4	2	113.8156
	周二	2008-8-12	2	0	1	1	0	45.5089
	周三	2008-8-13	6	0	3	3	0	136.5267
	周四	2008-8-14	9	1	2	6	0	200.403
	周五	2008-8-15	8	1	2	4	1	165.8552
	周六	2008-8-16	13	4	3	6	0	281.5522
	周日	2008-8-17	6	2	2	1	1	110.4777
	总逗留时间							1054.139
模型下出 入院安排 及总逗留 时间	周一	2008-8-11	6	4	0	0	2	87.7912
	周二	2008-8-12	2	2	0	0	0	35.8592
	周三	2008-8-13	6	0	0	6	0	146.6142
	周四	2008-8-14	9	0	0	8	0	195.4856
	周五	2008-8-15	8	0	0	8	1	203.522
	周六	2008-8-16	13	6	7	0	0	255.084
	周日	2008-8-17	6	2	3	0	1	107.1152
	总逗留时间							1031.471

表 5.2.1、附表1以及附表2中的数据表明：（1）在周一和周二除外伤外以最大优越度考虑白内障单眼患者；（2）在周三到周五的时间段里模型给出的结果是以最大优越度考虑青光眼和视网膜疾病患者，以使他们尽可能的入院治疗；（3）在周六和周日的两天里，程序结果说明，这两天安排病患入院时将等重要性的考虑白内障单眼患者与白内障双眼患者，当白内障单眼患者人数明显少于白内障双眼患者时，则优先考虑白内障双眼患者；（4）由表 5.2.1进一步可以看出，在我们的方法下比在医院的原则下一周内总的病患逗留时间大约要少二十多天。这是相当可观的数字，证明我们的方法原则是较医院的原则方法优越的。在这种模型下，安排病患入院的原则类似于专家门诊的形式，即虽然一天之中有多类病患来看病，但我们依据日期的不同将门诊人员不同看待。

模型 11、基于病床周转次数的病床安排模型

病床周转次数是衡量医院床位周转速度快慢、反映病房管理水平和病床工作效率的重要指标，因此提高床位周转次数是提高病床使用率的一条行之有效的办法。在此模型中，我们的目标是让某一周期内病床周转次数尽可能高。

考虑某一个时间周期，记为 T 。依次设外伤、白内障（单眼）、白内障（双眼）、青光眼和视网膜疾病为第1、2、3、4和5类病（下同），设 Y_{ijs} 表示第 i 类病的第 j 个病人在第 s 天住院， C_i 表示第 i 类病人的平均住院时间。记

$$k_{ijs} = \begin{cases} 1, & \text{若 } 0 < Y_{ijs} + C_i \leq T, \\ 0, & \text{其它,} \end{cases} \quad i=1,2,\dots,5; j=1,2,\dots$$

易见，若 $k_{ij}=1$ ，则表示第 i 类病的第 j 个病人在某一个周期 T 之后已经出院。从而在某一个周期 T 之后，所有病人出院的总数和 T 周期内的病床周转次数分别可以表示为：

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{\infty} k_{ijs} \text{ 和 } \frac{1}{79} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{\infty} k_{ijs}.$$

为了让周期 T 内病床周转次数尽可能高，我们建立如下目标函数：

$$\max \frac{1}{79} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{\infty} k_{ijs}$$

其约束条件为：

$$\begin{cases} \frac{365}{T} \cdot \frac{1}{79} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{\infty} k_{ijs} \geq 32, \\ \sum_s k_{ijs} = 1. \end{cases}$$

上面约束条件的第一个不等式是根据国家卫生部给出的标准：年病床周转次数 ≥ 32 ，具体见文献[7]。

将此模型应用到该医院眼科门诊，取 $T=49$ （2008年7月25日至2008年9月11

日)，利用Matlab软件可以算得周期 T 内的病床周转次数为 5.25，从而推得年病床周转次数为 39.10，符合国家卫生部给出的标准（年病床周转次数 ≥ 32 ）。

利用原始数据，我们统计出2008年7月25日至2008年9月11日该医院每天的住院人数和出院人数，以及总出院人数，具体见下表：

表 5.2.2 2008年7月25日至2008年9月11日该医院每天的出院人数

日期	住院人数	出院人数	日期	住院人数	出院人数
2008-7-25	4	2	2008-8-19	7	7
2008-7-26	8	1	2008-8-20	10	10
2008-7-27	11	1	2008-8-21	4	4
2008-7-28	11	3	2008-8-22	8	8
2008-7-29	9	2	2008-8-23	18	18
2008-7-30	9	5	2008-8-24	11	11
2008-7-31	8	1	2008-8-25	6	6
2008-8-1	7	2	2008-8-26	3	3
2008-8-2	12	5	2008-8-27	8	8
2008-8-3	6	2	2008-8-28	12	12
2008-8-4	6	2	2008-8-29	10	10
2008-8-5	5	4	2008-8-30	14	14
2008-8-6	9	8	2008-8-31	2	2
2008-8-7	8	7	2008-9-1	6	6
2008-8-8	15	15	2008-9-2	2	2
2008-8-9	20	20	2008-9-3	5	5
2008-8-10	9	9	2008-9-4	9	9
2008-8-11	6	6	2008-9-5	13	13
2008-8-12	2	2	2008-9-6	17	17
2008-8-13	6	6	2008-9-7	10	10
2008-8-14	9	9	2008-9-8	4	4
2008-8-15	8	8	2008-9-9	5	5
2008-8-16	13	13	2008-9-10	13	13
2008-8-17	6	6	2008-9-11	7	7
2008-8-18	4	4			
出院总人数	347				

由上表中的出院总病人数，我们可以算得周期 T 内的病床周转次数为 4.39，从而推得年病床周转次数为 32.71，也符合国家卫生部给出的标准。但用我们模型算得的周期 T 内的病床周转次数（39.10）要高于该医院过去一个周期的病床周转次数（4.39），所以病床工作效率会更高，所以此模型对于该医院病床的合理使用起到重要作用。

5.2.2 模型评价

考虑如下记号：

A : 外伤（用下标表示时是第 1 种疾病）；
 B : 白内障（单眼，用下标表示时是第 2 种疾病）；
 C : 白内障（双眼，用下标表示时是第 3 种疾病）；
 D : 青光眼，视网膜疾病（用下标表示时是第 4 种疾病）；
 X_{1j} : 第 j 种疾病的病床周转率；
 X_{2j} : 第 j 种疾病的平均住院时间；
 X_{3j} : 第 j 种疾病的平均等待时间；
 K : X_1, X_2, X_3 的比较矩阵；
 β : K 对应的权向量；
 X_{4j} : 第 j 种疾病的平均逗留时间；
 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)$: 综合指标向量，依次为白内障单眼，视网膜与青光眼，白内障双眼，外伤。

我们利用（一）中提出的评价指标体系来评价模型 I 和模型 II。此时，

$$X_{4j} = X_{2j} + X_{3j}$$

检验法 I: 采用 Topsis 法，用以上四个指标对医院病床安排做综合评价。

第一步：我们对该医院 2008-07-13 到 2008-09-11 的病人信息的数据分析，得到原始数据表：

表 5.2.3

指标 病种	X_1	X_2	X_3	X_4
A	0.7	7.04	1	8.04
B	0.91	5.24	12.67	17.91
C	1.04	8.56	12.51	21.07
D	1.77	12.48	11.97	24.45

第二步：建立同趋势化矩阵，将低优指标（ X_2 、 X_3 、 X_4 ）利用取倒数方法转化为高优指标 X'_{ij} ，如下表所示：

表 5.2.4

指标 病种	X_1	X'_2	X'_3	X'_4
A	0.7	0.14	1	0.12
B	0.91	0.19	0.08	0.06
C	1.04	0.12	0.08	0.05
D	1.77	0.08	0.08	0.04

第三步：建立归一化矩阵，按下列公式计算，

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}} \text{ (原高优指标)}, \quad Z'_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X'_{ij})^2}} \text{ (原低优指标)}.$$

(其中 i 为指标下标, $i=1,2,3,4$), 所得结果 (归一化矩阵 Z_{ij}) 见下表所示:

表 5.2.5

指标 病种	X_1	X_2	X_3	X_4
A	0.2976	0.5062	0.9905	0.8072
B	0.3869	0.6869	0.0792	0.4036
C	0.4421	0.4339	0.0792	0.3363
D	0.7525	0.2892	0.0792	0.2691

第四步: 确定最优向量和最劣向量, 根据 Z 矩阵中各列的最大值和最小值建立最优向量 Z^+ 和最劣向量 Z^- 矩阵, 其中

$$Z_j^+ = (Z_{1j}^+, Z_{2j}^+, \dots, Z_{mj}^+), \quad Z_j^- = (Z_{1j}^-, Z_{2j}^-, \dots, Z_{mj}^-), \quad j=1,2,\dots,m.$$

最优向量 Z_j^+ 和最劣向量矩阵 Z_j^- 见下表所示:

表 5.2.6

Z_j^+	0.7525	0.6869	0.9905	0.8072
Z_j^-	0.2976	0.2892	0.0792	0.2691

第五步: 计算各评价对象指标与最优值和最劣值的距离, 按以下公式计算:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^+)^2}, \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (i=1,2,\dots,n).,$$

第六步: 计算各评价对象指标值与最优值的相对接近程度, 按以下公式计算:

$$C_i = \frac{D_i^+}{D_i^+ + D_i^-} \text{ (其中 } i=1,2,\dots,n)$$

C_i 是在 0~1 之间的统计量, C_i 值愈大表明愈接近最优水平。所得结果见下表:

表 5.2.7

指标 病种	D^+	D^-	C_i	排序结果
A	0.4895	0.0803	0.8591	1
B	0.0616	0.4292	0.1255	4
C	0.1012	0.2153	0.3197	2
D	0.1306	0.4549	0.2231	3

结论 1: 由上表, 该医院对各类病人的安排效率排列依次为: 外伤、白内障双眼、青光眼和眼角膜疾病、白内障单眼, 而且对白内障双眼、青光眼和眼角膜疾病、以及白内障单眼的安排很不合理, 这些都急需解决。

根据以上步骤, 我们利用模型 I 和模型 II, 得到如下表格:

表 5.2.8

指标 病种	D^+	D^-	C_i	排序结果
A	0.6015	0.0712	0.8942	1
B	0.4312	0.1202	0.7820	2
C	0.3653	0.1160	0.7590	3
D	0.4487	0.2491	0.6430	4

结论 2: 由上表可以看出, 利用我们的模型可得该医院对各类病人的安排效率排列依次为: 外伤, 白内障单眼, 白内障双眼, 青光眼和眼角膜疾病, 此与结论 1 大致相同, 但利用我们模型算得的 C_i 比表 5.2.7 中的 C_i 要大, 说明我们的模型更加接近最优模型, 效率更高。

检验法 II: 利用层次分析方法对综合指标进行考虑

下面我们用层次分析法对 X_1 (病床周转率), X_2 (平均住院时间), X_3 (平均等待时间) 进行分析, 采用 9 级计分法。根据专家的意见和三者的的重要性, 我们给出比较矩阵 K

$$K = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{3} & 3 \\ 3 & 1 & 8 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{8} & 1 \end{bmatrix},$$

K 对应的权向量为 $\beta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3)$, 具体求法如下:

$$K = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{3} & 3 \\ 3 & 1 & 8 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{8} & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{各列归一化}} \begin{bmatrix} \frac{1}{4.33} & \frac{0.33}{1.46} & \frac{3}{12} \\ \frac{3}{4.33} & \frac{1}{1.46} & \frac{8}{12} \\ \frac{0.33}{4.33} & \frac{0.13}{1.46} & \frac{1}{12} \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{各行求和}} \begin{bmatrix} 0.71 \\ 2.05 \\ 0.25 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{除以3}} \begin{bmatrix} 0.24 \\ 0.68 \\ 0.08 \end{bmatrix}.$$

设 ω_j 表示对第 j 种疾病 X_1, X_2, X_3 的综合指标。同样对低优指标用取倒数法转化为高优指标, 考虑如下线性组合:

$$\omega_j = \beta_1 X_{1j} + \beta_2 \frac{1}{X_{2j}} + \beta_3 \frac{1}{X_{3j}}$$

我们得到的结果 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)$ 如下表所示：

表 5.2.9

	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
原始数据	0.3432	0.3540	0.3376	0.4856
利用模型得到的数据	0.4512	0.5762	0.7103	0.8704

结论 3：由上表，疾病的优先级为外伤，白内障双眼，视网膜疾病与青光眼，白内障单眼，此与结论 2 一致。

（三）、病人入院的置信区间讨论

作为病人，自然希望尽早知道自己大约何时能住院，在门诊时即被告知大致入住时间区间。为了给出病人由就诊到入院的入住时间区间，即平均等待时间，必须要知道每一类病人由就诊到入院的平均等待时间的分布。

为了研究每一类病人由就诊到入院的平均等待时间的分布，我们先考虑每一类病人的平均等待时间随时间 t 的图像关系（其中 $t=0$ 时刻表示日期 2008 年 7 月 24 日，样本取 $n=49$ ）。由于外伤属于急症，只要有空病床立即安排住院，所以当天来就诊即可告知第二天来住院。我们主要考虑白内障（单眼）、每天白内障（双眼）、青光眼和视网膜疾病病人的平均等待时间随时间 t 的图像关系，具体如下（注意：图 5.3.1—图 5.3.4 中的横坐标表示时间，纵坐标表示平均等待时间）：

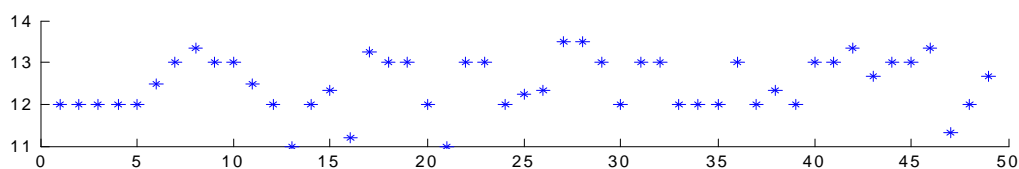


图 5.3.1 每天白内障（单眼）病人的平均等待时间随时间 t 的图像关系

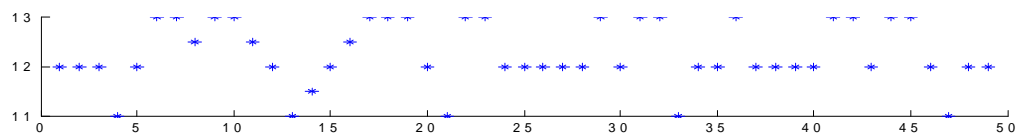


图 5.3.2 每天白内障（双眼）病人的平均等待时间随时间 t 的图像关系

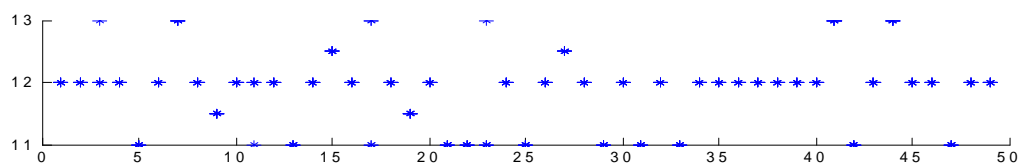


图 5.3.3 每天青光眼病人的平均等待时间随时间 t 的图像关系

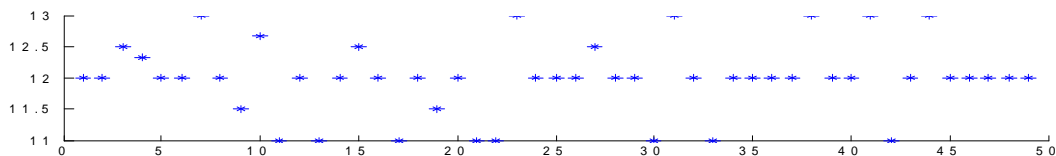


图 5.3.4 每天视网膜疾病病人的平均等待时间随时间 t 的图像关系

由上面四个图像可知，同一类病人的平均等待时间非常接近，数据的离散程度也非常小，所以不妨假设同一类病人由就诊到入院的平均等待时间所对应的随机变量是独立同分布的，均值由样本均值来估计，方差由修正的样本方差来估计。

设 $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}$ 为从白内障（单眼）病人中抽取的一组独立同分布简单随机样本，其中 X_{2i} ($i=1, 2, \dots, n$) 表示第 i 时刻白内障（单眼）病人的平均等待时间，均值和方差未知，分别记为 μ 和 σ^2 ，样本均值和修正的样本方差分别为

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{2i}, \quad S_2^{*2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{X}_2 - X_{2i})^2.$$

由于

$$ES_2^{*2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n E(\bar{X}_2 - X_{2i})^2 = \sigma^2,$$

即修正的样本方差 S_2^{*2} 是 σ^2 的无偏估计量，故用 S_2^{*2} 代替 σ^2 。考虑 $n=49$ ，易算得 $S_2^{*2} = 0.2091$ ，故用 0.2091 代替 σ^2 ，则 $\sigma = 0.4573$ 。

现考虑在均值未知、方差 $\sigma = 0.4573$ 的条件下，求均值的置信区间估计，假设置信水平为 $1-\alpha$ 。

由 Lindeberg-Levy 中心极限定理知，近似地有

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_{2i} - n\mu}{\sqrt{n}\sigma} \sim N(0,1),$$

即近似地有

$$\frac{\sqrt{n}(\bar{X}_2 - \mu)}{\sigma} \sim N(0,1).$$

对于给定的置信水平 $1-\alpha$ ，近似地有

$$P\left(\left|\frac{\sqrt{n}(\bar{X}_2 - \mu)}{\sigma}\right| \leq u_{\alpha/2}\right) = 1-\alpha.$$

从而得到置信水平为 $1-\alpha$ 的近似置信区间为

$$\left[\bar{X}_2 - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} u_{\alpha/2}, \bar{X}_2 + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} u_{\alpha/2}\right],$$

其中 $n=49$, $\bar{X}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{2i}$. 若 $\alpha=0.05$, 即 $1-\alpha=0.95$, 此时

$$u_{\alpha/2} = u_{0.025} = 1.96,$$

则置信水平为 0.95 的近似置信区间为

$$[12.4806, 12.8594].$$

若 $\alpha=0.01$, 即 $1-\alpha=0.99$, 此时

$$u_{\alpha/2} = u_{0.005} = 2.58,$$

则置信水平为 0.99 的近似置信区间为

$$[12.2304, 13.0771].$$

由此可知, 若取置信水平为 0.95, 对于白内障(单眼)病人来说, 若是某天去该医院就诊, 则医生可告知其大致入住时间区间为 $[12.4806, 12.8594]$, 即十二、十三天后来住院, 可信度达 95%。

类似地, 我们可考虑其它病种病人的入住时间区间, 具体见下表 3.1 (置信水平为 95%):

表 5.3.1 各种病种病人的入住时间区间估计

眼科手术类型	\bar{X}_i	S_i^* (即 σ)	$\bar{X}_i - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \mu_{\alpha/2}$	$\bar{X}_i + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \mu_{\alpha/2}$
白内障单眼 ($i=2$)	12.67	0.4573	12.4806	12.8594
白内障双眼 ($i=3$)	12.51	0.5745	12.2978	12.7222
青光眼 ($i=4$)	12.26	0.8723	12.2184	12.8016
视网膜疾病 ($i=5$)	12.54	0.8015	12.2593	12.7607

在构造置信区间的过程中, 由于分布的方差未知, 所以用修正的样本方差代替总体方差。若假定 $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}$ 是从正态总体 $N(\mu, \sigma^2)$ 中抽取的简单随机样本, 则可构造 T 统计量来求均值 μ 的置信水平为 $1-\alpha$ 的置信区间估计, 即入住时间区间。具体如下:

由 Fisher 定理知,

$$\frac{\sqrt{n}(\bar{X}_2 - \mu)}{\sigma} \sim N(0, 1),$$

$$\frac{n-1}{\sigma^2} S_2^{*2} = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\bar{X}_2 - X_{2i})^2 \sim \chi^2(n-1),$$

并且 \bar{X}_2 与 S_2^{*2} 相互独立, 记

$$T = \frac{\frac{\sqrt{n}(\bar{X}_2 - \mu)}{\sigma}}{\sqrt{\frac{n-1}{\sigma^2} S_2^{*2} / (n-1)}} = \frac{\sqrt{n}(\bar{X}_2 - \mu)}{S_2^*},$$

故由 T 统计量的定义知, $T \sim t(n-1)$ 。由 t 分布表, 可查得 $t_{\alpha/2}(n-1)$, 它满足

$$P(|T| \leq t_{\alpha/2}(n-1)) = 1 - \alpha,$$

由此算得 μ 的置信水平为 $1-\alpha$ 的置信区间估计为

$$\left[\bar{X}_2 - \frac{S_2^*}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2}(n-1), \bar{X}_2 + \frac{S_2^*}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2}(n-1) \right].$$

(四)、问题 (二) 的再讨论

在问题 (二) 中, 我们建立了基于层次分析法的病床安排线性规划模型, 从平均逗留时间和病床周转率两个方面系统地讨论了由第二天拟出院病人数来确定第二天应该安排哪些病人住院这一问题。研究这一问题的前提是周六和周日两天正常安排手术。但若周末两天正常安排手术, 那么医务人员的正常休息时间得不到充分保证, 从而导致手术时医生精力不够旺盛, 影响手术质量。为此, 从保护医务人员和手术质量这两个角度出发, 假设周五、周六两天不安排手术。

5.4.1 模型的建立与求解

模型 1'、病床安排线性规划模型

5.4.1.1 模型的建立

此时我们仍然只考虑该医院每周一、三做白内障手术, 此类病人的术前准备时间只需 1、2 天, 做两只眼的病人比做一只眼的要多一些, 大约占到 60%, 如果要做双眼是周一先做一只, 周三再做另一只; 青光眼和视网膜疾病比较复杂, 但不考虑急症, 住院以后 2-3 天内就可以接受手术, 而且这类手术一般不安排在周一、周三; 外伤疾病通常属于急症, 病床有空时立即安排住院, 住院后第二天便会安排手术。

考虑到各种眼科疾病的特殊性, 并且周六、周日两天不安排手术, 我们在安排哪些病人入住时, 将一个星期分为四个部分, 周一和周二是一个部分, 周三和周四是一个部分, 周五和周六是一个部分, 周日是一个部分。具体如下:

(1) 当 $t = 7k + 1 (k = 0, 1, 2, \dots)$ (即周一) 或 $t = 7k + 2 (k = 0, 1, 2, \dots)$ (周二)

时, 由于外伤属于急症, 只要有空病床立即安排住院, 所以必须优先考虑外伤; 另外, 由于做两只眼的白内障手术只能是周一先做一只, 周三再做另一只, 所以此时不需要考虑安排做两只眼的白内障病人住院; 由于周三做白内障手术, 不做

青光眼和视网膜疾病，从而除了优先考虑安排外伤住院外，必须依次考虑安排做单眼的白内障手术病人以及青光眼和视网膜疾病病人住院。综合考虑以上诸因素，我们的目标是想让所有安排住院病人在系统内的平均逗留时间最短，鉴于此，我们建立以下基于平均逗留时间的病床安排线性规划模型。

若等待住院的病人总数小于或等于出院病人数，则将所有的病人安排住院；若等待住院的病人总数大于出院病人数，我们考虑以下目标函数：

$$\min T' = n_1'(t) \cdot a_1' + \alpha' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_2' + \beta' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_4'$$

其约束条件为

$$\begin{cases} \alpha' + \beta' = 1, \\ \frac{1}{2} \leq \alpha' \leq 1, \\ 0 \leq \alpha' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_2'(t), \\ 0 \leq \beta' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_4'(t) \end{cases}$$

其中， α', β' 分别是白内障单眼与青光眼和视网膜疾病病患在 t 第安排入院时的权重，这里带有上标的符号和前面符号说明中表达的意义一样，这里只是为了和二中表达以示区别，以下符号不作说明的也是一样。这里的权重和人数都是变化的，我们旨在利用这个规划函数来求出在安排病人入院时的权重和人数分配。

(2) 当 $t = 7k + 3$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (即周三) 或 $t = 7k + 4$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (即周四)

时，由于外伤属于急症，只要有空病床立即安排住院，所以必须优先考虑外伤；注意到白内障只能在周一和周三做，所以此时除了安排外伤住院外，只需考虑青光眼和视网膜疾病；若还有多余的闲置病床，则考虑安排白内障病人住院。

(3) 当 $t = 7k + 5$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (周五) 或 $t = 7k + 6$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (即周六)

时，由于周末两天不手术，所以不必优先考虑外伤；但由于做双眼的白内障手术只能是周一先做一只，周三再做另一只，所以此时优先考虑安排做两只眼的白内障手术病人住院；外伤、白内障（单眼）、青光眼和视网膜疾病可平级考虑。综合考虑以上诸因素，我们的目标是想让待安排住院的所有病人在系统内的平均逗留时间最短，鉴于此，我们建立以下基于平均逗留时间的病床安排线性规划模型。

若等待住院的病人总数小于或等于出院病人数，则将所有的病人安排住院；若等待住院的病人总数大于出院病人数，我们考虑以下目标函数：

$$\min T' = \lambda' n_1'(t) \cdot a_1' + \alpha' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_2' + \beta' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_3' + \gamma' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_4'$$

其约束条件为

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha' + \beta' + \gamma' + \lambda' = 1, \\ \frac{1}{2} \leq \beta' \leq 1, \\ 0 \leq \alpha' \leq \frac{1}{2}, \\ 0 \leq \gamma' \leq \frac{1}{2}, \\ 0 \leq \alpha' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_2'(t), \\ 0 \leq \beta' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_3'(t), \\ 0 \leq \gamma' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_4'(t) \end{array} \right.$$

其中， $\alpha', \beta', \gamma', \lambda'$ 分别对应白内障单眼，白内障双眼，青光眼和视网膜疾病以及外伤患者的权重系数。其余的符号见前面的符号说明。这里的权重和人数都是变动的，我们希望那个通过优化函数能找出恰当的比例和入院人数已达到总逗留时间最少。

(4) $t = 7k + 7$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (周日) 时，外伤必须优先考虑，然后考虑白内障（双眼），对于白内障（单眼）、青光眼和视网膜疾病可平级考虑。鉴于此，我们建立以下基于平均逗留时间的病床安排线性规划模型。

若等待住院的病人总数小于或等于出院病人数，则将所有的病人安排住院；若等待住院的病人总数大于出院病人数，我们考虑以下目标函数：

$$\min T' = n_1'(t) \cdot a_1' + \alpha' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_2' + \beta' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_3' + \gamma' (n'(t) - n_1'(t)) \cdot a_4'$$

其约束条件为

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha' + \beta' + \gamma' = 1, \\ \frac{1}{2} \leq \beta' \leq 1, \\ 0 \leq \alpha' \leq \frac{1}{2}, \\ 0 \leq \alpha' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_2'(t), \\ 0 \leq \beta' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_3'(t), \\ 0 \leq \gamma' (n'(t) - n_1'(t)) \leq w_4'(t) \end{array} \right.$$

其中， α', β', γ' 分别对应白内障单眼，白内障双眼以及青光眼和视网膜疾病病患的权重系数。这里的权重和人数都是变动的，我们希望通过优化函数找出恰当的比例和入院人数使得总逗留时间最少。

5.4.1.2 结果分析

对于上述问题中所建立的模型，我们主要采用 Lingo 软件来处理的，下面将我们得到的结论和部分结果列出。程序运行结果表明：（1）在周一和周二时除外伤外以最大优越度考虑白内障单眼患者；（2）在周三和周四的时间段里模型给出的结果是以最大优越度考虑青光眼和视网膜疾病患者，以使他们尽可能的入院治疗；（3）在周五和周六的两天里，程序结果说明，这两天安排病患入院时主要优先考虑白内障双眼患者，次之的是外伤患者，但实际情况考虑的结果是外伤因为较严重而不会等待，所以基本上考虑的应该是白内障单眼患者，而根本不会考虑青光眼和视网膜疾病患者；（4）周日这一天基本上会将白内障单双眼等看待，但我们原本的出发点是双眼比单眼的人数应该多，这里可能主要是因为单眼的逗留时间是相对较小的结果。这里也体现出我们在问题二中发现的现象：我们处理病患的原则类似于专家门诊的形式，这里不再多做说明。

5.4.2 模型评价

类似于（二）中的评价方法，利用的Topsis法，以及模型I'，我们可以得到以下表格，记号与（二）中的一致。

表 5.4.1

指标 病种	D^+	D^-	C_i	排序结果
A	0.5514	0.0785	0.8738	1
B	0.4032	0.1413	0.7141	2
C	0.3193	0.1562	0.6292	3
D	0.2893	0.2695	0.5032	4

比较表 5.4.1与表5.2.7和表5.2.8中的 C_i 值，我们可以发现，表5.4.1中的 C_i 值普遍比表5.2.7中的 C_i 值要高，说明模型I'比该医院原始的安排方法要好；

但表5.4.1中的 C_i 值普遍比表5.2.8中的 C_i 值要低，说明模型I'比模型I要差一点，

这是有原因的。青光眼与视网膜疾病比较复杂，大致住院以后2-3天内就可以接受手术，术后的观察时间较长。在模型I下，每周有五天时间可以安排青光眼与视网膜疾病手术，时间比较充分，而且每天都可以安排外伤病人住院；但在模型I'，周六、周日休息，每周只有三天时间可以安排青光眼与视网膜疾病手术，所以导致青光眼与视网膜疾病就诊病人越来越多，并且周五和周六一般不安排外伤病人住院，又导致外伤病人源外流，影响医院病床工作效率，不利于病房管理。

因此，在模型I'下，若要想该医院病床工作效率有所提高，必须要对手术时间安排作出调整。

由于青光眼与视网膜疾病比较复杂，白内障比较简单，根据专家经验以及医院以往的统计数据，我们发现由如下规律：每周做白内障手术的时间与做青光眼和视网膜疾病手术的时间比大约是 2:5，但现在周六和周日不安排手术，也就是说一周只有五天时间安排做手术，按上述比例 2:5，可以大概算得做白内障手术

的时间是 $\frac{10}{7}$ 天（约为一天半），做青光眼与视网膜疾病手术的时间是 $\frac{25}{7}$ 天（约为三天半），考虑各种疾病的特殊性，我们建议周一上午和周三全天做白内障手术，若是双眼，则周一上午做一只，周三再做一只；青光眼与视网膜疾病手术安排再周一下午以及周二、周四和周五做。当然，也可以再周二上午和周四安排做白内障手术或周三上午和周五上午做白内障手术，其余时间做青光眼与视网膜疾病手术。

（五）、病床比例分配模型

在前面几个模型中，我们都是从动态角度根据第二天拟出院病人数来确定第二天安排哪些病人入院，每天安排各类病人占用病床的比例不尽相同，这样做可以使病床工作效率明显提高，但不利于医院管理。

从便于管理的角度出发，我们假定各类眼科病人占用病床的比例大致固定。图5.1给出了该医院2008年8月9日至2008年9月11日外伤就诊人数分布情况，尽管在某些天由三个或四个外伤病人就诊，但非常少，基本上都是两个或以下，所以我们不妨假设只给外伤分配两个病床，剩下只需考虑白内障单眼、白内障双眼、视网膜疾病和青光眼分配77张病床的情况。我们用两个模型来解决病床比例分配问题。

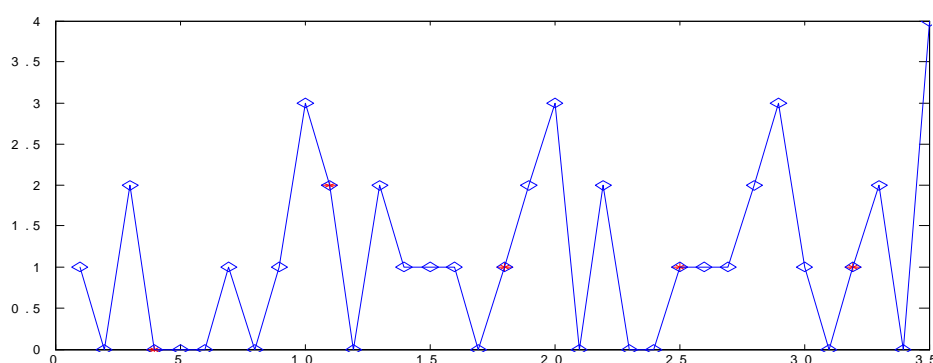


图 5.5.1 该医院2008年8月9日至2008年9月11日外伤就诊人数分布图

模型 III、基于合作对策的 Shapley 值算法的病床比例分配模型

白内障单眼、白内障双眼、视网膜疾病和青光眼分配 77 张病床的问题，可以看作由这四种手术类型局中人组成的 4 人合作对策，它将给各种手术患者和医院得到共赢的局面。根据“谁受益、谁付费”的市场原则，这四种手术类型共同分担该眼科病床。下面采用合作对策的 Shapley 值方法计算上述四类病种所占床位比例。

5.5.1 合作 n 人对策 Shapley 值模型

在合作 n 人对策中，由两个或两个以上的局中人在某个方面进行合作，他们

需要结成一个联盟，这个联盟作为一个整体，当然希望得到尽可能多的收入，每个联盟要把得到的总收入分配给联盟中的每一个成员，合作是通过特征函数值的分配来表述的。

定义 5.5.1 设 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 为局中人集， $V(S)$ 是定义在 I 上的一切子集（即联盟）所形成的集合 2^N 上的映射，满足：

$$(1) \quad V(\emptyset) = 0$$

$$(2) \quad \forall S, T \in 2^N, \text{ 则 } V(S \cup T) \geq V(S) + V(T), \text{ 其中 } S \cap T = \emptyset$$

则称 $\Gamma = [I, V]$ 为合作 n 人对策， $V(S)$ 为对策的特征函数，称 N 的任何非空子集为联盟。

定义 5.5.1 中的第二个条件表明，通过合作可使总收益不致减少，而特征函数往往是增加的，称此性质为特征函数的超可加性。由特征函数 V 的超可加性可立即推出

$$V(N) \geq V(\{1\}) + V(\{2\}) + \dots + V(\{n\}) \quad (5.5.1)$$

定义 5.5.2 称 $v(s \cup \{i\}) - v(s)$ 为第 i 局中人对联盟 s 合作的“贡献”，其中 $s \subset N$ 。

当各类手术病人均参与病床分配安排时， $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 为最大的一个联盟，记 $v(N)$ 为最大的联盟成果，如何将 $v(N)$ 分配给局中人？一个自然的想法是依据各局中人给联盟带来的“贡献”来分配。

设 x_i 为第 i 局中人从 $v(N)$ 中获得的分配， $i = 1, 2, \dots, n$ ，则

$$\begin{cases} x_1 = v(\{1\}), \\ x_2 = v(\{1, 2\}) - v(\{1\}), \\ x_3 = v(\{1, 2, 3\}) - v(\{1, 2\}), \\ \dots\dots\dots \\ x_m = v(M) - v(M - \{m\}), \end{cases} \quad (5.5.2)$$

然而上述的分配通常与局中人编号的次序有关，如把局中人 $n, n-1, \dots, 2, 1$ 的编号改为 $1', 2', \dots, m'$ ，则有新的分配方案：

$$\begin{cases} x_1' = \nu(\{n\}), \\ x_2' = \nu(\{n, n-1\}) - \nu(\{n\}), \\ x_3' = \nu(\{n, n-1, n-2\}) - \nu(\{n, n-1\}), \\ \dots\dots\dots \\ x_m' = \nu(N) - \nu(N - \{1\}), \end{cases} \quad (5.5.3)$$

对于其它的编号的次序有对应的分配方案，由于 n 个局中人编号的次序共有 $n!$ 种，所以对应的分配方案也有 $n!$ 种，为此取各局中人分配的平均值作为局中人的平均“贡献”。

记 $\varphi_i(\nu)$ 为第 i 个局中人的平均“贡献”，则

$$\varphi_i(\nu) = \frac{1}{n!} \sum_{\pi} [\nu(s_{\pi}^i \cup \{i\}) - \nu(s_{\pi}^i)], \quad (5.5.4)$$

其中 π 由 $1, 2, \dots, n$ 组成的所有 n 级排列， Σ 为针对所有的 $n!$ 个不同的 n 级排列求和， $s_{\pi}^i = \{j \mid \pi j < i\}$ 。

显然 s_{π}^i 为排列 π 中排在 i 的前面的那些局中人组成的联盟。将满足 $s_{\pi}^i = s$ 的排列归为一类，从而 (5.5.4) 式可以表示为：

$$\varphi_i(\nu) = \sum_{i \in s} \frac{(n-|s|)! (|s|-1)!}{n!} [\nu(s) - \nu(s - \{i\})], i=1, 2, \dots, n, \quad (5.5.5)$$

其中 s 为 N 中包含 $\{i\}$ 的所有子集合， $|s|$ 子集 s 中局中人的数。

定义 5.5.3 称 $\Phi(\nu) = (\varphi_1(\nu), \varphi_2(\nu), \dots, \varphi_m(\nu))$ 为合作 n 人对策 $\Gamma = [N, \nu]$ 的 Shapley 值。

可以证明：

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i(\nu) = \nu(N) \quad (5.5.6)$$

(5.5.6) 式表明各单项预测方法在组合预测方法中的平均“贡献”之和 $\varphi_i(\nu)$ 等于合作的总成果。由 Shapley 值即可计算第 i 局中人同联盟合作的平均“贡献” $\varphi_i(\nu)$ 。

5.5.2 基于合作对策的 Shapley 值算法的病床比例分配

就病床安排而言，可以要求各种眼科手术合作才可以获得收益。设局中人 1 表示白内障（单眼），局中人 2 表示白内障（双眼），局中人 3 表示视网膜疾病，

局中人 4 表示青光眼。记 $V(S)$ 表示联盟 S 的合作可以获得收益，设白内障（单眼）、白内障（双眼）、视网膜疾病、青光眼 4 个局中人共同合作时，他们获得最大收益为 1（单位化），即 $V(\{1,2,3,4\})=1$ ，这里的收益我们可以视为各类眼科手术进行合作后的逗留时间和可出院人数相结合的效益函数。当白内障（单眼）、白内障（双眼）、视网膜疾病、青光眼这 4 个局中人互不合作时，则他们任何一个局中人均不能获得任何收益，即 $V(\{i\})=0, i=1,2,3,4$ 。

若白内障（单眼）和白内障（双眼）两者合作，两者获得收益的比例为 $\alpha_1(0 < \alpha_1 < 1)$ ；

若白内障（单眼）和视网膜疾病两者合作，两者获得收益的比例为 $\alpha_2(0 < \alpha_2 < 1)$ ；

若白内障（单眼）和青光眼两者合作，两者获得收益的比例为 $\alpha_3(0 < \alpha_3 < 1)$ ；

若白内障（双眼）和视网膜疾病两者合作，两者获得收益的比例为 $\alpha_4(0 < \alpha_4 < 1)$ ；

若白内障（双眼）和青光眼两者合作，两者获得收益的比例为 $\alpha_5(0 < \alpha_5 < 1)$ ；

若视网膜疾病和青光眼两者合作，两者获得收益的比例为 $\alpha_6(0 < \alpha_6 < 1)$ 。

若白内障（单眼）、白内障（双眼）和视网膜疾病三者合作，三者获得收益的比例为 $\alpha_7(0 < \alpha_7 < 1)$ ；

若白内障（单眼）、白内障（双眼）和青光眼三者合作，三者获得收益的比例为 $\alpha_8(0 < \alpha_8 < 1)$ ；

若白内障（单眼）、视网膜疾病和青光眼三者合作，三者获得收益的比例为 $\alpha_9(0 < \alpha_9 < 1)$ ；

若白内障（双眼）、视网膜疾病和青光眼三者合作，三者获得收益的比例为 $\alpha_{10}(0 < \alpha_{10} < 1)$ ；

即白内障（单眼）、白内障（双眼）、视网膜疾病、青光眼这四个局中人合作的收益特征函数为

$$\left\{ \begin{array}{l} V(\{i\}) = 0, i = 1, 2, 3, 4 \\ V(\{1, 2\}) = \alpha_1, 0 < \alpha_1 < 1 \\ V(\{1, 3\}) = \alpha_2, 0 < \alpha_2 < 1 \\ V(\{1, 4\}) = \alpha_3, 0 < \alpha_3 < 1 \\ V(\{2, 3\}) = \alpha_4, 0 < \alpha_4 < 1 \\ V(\{2, 4\}) = \alpha_5, 0 < \alpha_5 < 1 \\ V(\{3, 4\}) = \alpha_6, 0 < \alpha_6 < 1 \\ V(\{1, 2, 3\}) = \alpha_7, 0 < \alpha_7 < 1 \\ V(\{1, 2, 4\}) = \alpha_8, 0 < \alpha_8 < 1 \\ V(\{1, 3, 4\}) = \alpha_9, 0 < \alpha_9 < 1 \\ V(\{2, 3, 4\}) = \alpha_{10}, 0 < \alpha_{10} < 1 \\ V(\{1, 2, 3, 4\}) = 1 \end{array} \right.$$

根据“谁受益、谁付费”的原则，四个局中人合作的收益分配也就是他们在该眼科病床安排中所占的病床比例。由 Shapley 值计算式可以获得如下结果：

白内障（单眼）应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned} \varphi_1(v) &= v(\{1\}) \times \frac{1}{4} + [v(\{1, 2\}) - v(\{2\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 3\}) - v(\{3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 4\}) - v(\{4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 2, 3\}) - v(\{2, 3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 4\}) - v(\{2, 4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 3, 4\}) - v(\{3, 4\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 3, 4\}) - v(\{2, 3, 4\})] \times \frac{1}{4} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + (\alpha_7 - \alpha_4) + (\alpha_8 - \alpha_5) + (\alpha_9 - \alpha_6) + 3(1 - \alpha_{10})}{12} \end{aligned}$$

白内障（双眼）应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned} \varphi_2(v) &= v(\{2\}) \times \frac{1}{4} + [v(\{1, 2\}) - v(\{1\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2, 3\}) - v(\{3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{2, 4\}) - v(\{4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 2, 3\}) - v(\{1, 3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 4\}) - v(\{1, 4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2, 3, 4\}) - v(\{3, 4\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 3, 4\}) - v(\{1, 3, 4\})] \times \frac{1}{4} = \frac{\alpha_1 + \alpha_4 + \alpha_5 + (\alpha_7 - \alpha_2) + (\alpha_8 - \alpha_3) + (\alpha_{10} - \alpha_6) + 3(1 - \alpha_9)}{12} \end{aligned}$$

视网膜疾病应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned}
\varphi_3(v) = & \nu(\{3\}) \times \frac{1}{4} + [\nu(\{1,3\}) - \nu(\{1\})] \times \frac{1}{12} + [\nu(\{2,3\}) - \nu(\{2\})] \times \frac{1}{12} \\
& + [\nu(\{3,4\}) - \nu(\{4\})] \times \frac{1}{12} + [\nu(\{1,2,3\}) - \nu(\{1,2\})] \times \frac{1}{12} \\
& + [\nu(\{1,3,4\}) - \nu(\{1,4\})] \times \frac{1}{12} + [\nu(\{2,3,4\}) - \nu(\{2,4\})] \times \frac{1}{12} \\
& + [\nu(\{1,2,3,4\}) - \nu(\{1,2,4\})] \times \frac{1}{4} = \frac{\alpha_2 + \alpha_4 + \alpha_6 + (\alpha_7 - \alpha_1) + (\alpha_9 - \alpha_3) + (\alpha_{10} - \alpha_5) + 3(1 - \alpha_8)}{12}
\end{aligned}$$

青光眼应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned}
\varphi_4(v) = & \nu(\{4\}) \times \frac{1}{4} + [\nu(\{1,4\}) - \nu(\{1\})] \times \frac{1}{12} + [\nu(\{2,4\}) - \nu(\{2\})] \times \frac{1}{12} \\
& + [\nu(\{3,4\}) - \nu(\{3\})] \times \frac{1}{12} + [\nu(\{1,2,4\}) - \nu(\{1,2\})] \times \frac{1}{12} \\
& + [\nu(\{1,3,4\}) - \nu(\{1,3\})] \times \frac{1}{12} + [\nu(\{2,3,4\}) - \nu(\{2,3\})] \times \frac{1}{12} \\
& + [\nu(\{1,2,3,4\}) - \nu(\{1,2,3\})] \times \frac{1}{4} = \frac{\alpha_3 + \alpha_5 + \alpha_6 + (\alpha_8 - \alpha_1) + (\alpha_9 - \alpha_2) + (\alpha_{10} - \alpha_4) + 3(1 - \alpha_7)}{12}
\end{aligned}$$

显然 $\sum_{i=1}^4 \varphi_i(v) = 1$ 。根据统计汇总，有

$$\begin{aligned}
\alpha_1 = 0.075, \alpha_2 = 0.65, \alpha_3 = 0.38, \alpha_4 = 0.65, \alpha_5 = 0.66, \\
\alpha_6 = 0.78, \alpha_7 = 0.96, \alpha_8 = 0.46, \alpha_9 = 0.49, \alpha_{10} = 0.72
\end{aligned}$$

从而可计算出：

$$\varphi_1(v) = 0.2033, \varphi_2(v) = 0.3267, \varphi_3(v) = 0.3400, \varphi_4(v) = 0.1300$$

计算结果表明，白内障（单眼）应该占用的病床为 $77 \times 0.2033 \approx 16$ ，白内障（双眼）应该占用的病床为 $77 \times 0.3267 \approx 25$ ，视网膜疾病应该占用的病床为 $77 \times 0.3400 \approx 26$ ，青光眼应该占用的病床为 $77 \times 0.1300 \approx 10$ 。

模型 IV、基于平均逗留时间的病床比例分配模型

在模型 III 中，我们利用 Shapley 值算法很好地给出了白内障（单眼）、白内障（双眼）、视网膜疾病和青光眼四种疾病的病床分配比例，但没有给出具体的所有病人在系统内的最短平均逗留时间。为了克服这一缺陷，我们考虑如下病床比例分配模型。考虑一个时间周期 S ， t 从 1 到 S 取值，并作如下记号：

- $n_0(t, i)$ ： t 时刻第 i 种病的住院人数；
- $n_1(t, i)$ ： t 时刻第 i 种病人的门诊人数；
- $n_2(t, i)$ ： t 时刻第 i 种病人的出院人数；
- $n_3(t, i)$ ： t 时刻第 i 种病床的空床数；
- $n_4(t, i)$ ： t 时刻第 i 种病人的入院人数；

- $\alpha(i)$: 第 i 种病人的病床分配比例;
 $t_1(i)$: 第 i 种病平均等待时间;
 $t_2(i)$: 第 i 种病平均住院时间;
 T : 在 s 时间段内的总体平均逗留时间;
 a : 总的病床数, 为常数 (79);
 $b(i)$: 分配给 i 种病的总的病床数.

在以上记号下, 我们考虑如下平均逗留时间函数:

$$T = \frac{\sum_t \sum_i n_1(t, i) (t_1(i) + t_2(i))}{\sum_t \sum_i n_1(t, i)},$$

考虑目标函数:

$$\min T$$

其约束条件为:

$$\begin{cases} n_3(t, i) = b(i) - n_0(t, i), \\ b(i) = a \cdot \alpha(i), \\ n_4(t, i) = n_2(t - t_2(i), i), \\ n_4(t, i) \leq n_3(t, i), \\ \sum_i \alpha_i = 1, \\ 0 < \alpha_i < 1. \end{cases}$$

对于上述目标函数, 我们利用该医院 2008 年 7 月 13 日至 2008 年 9 月 11 日的病人信息, 并借助于 Matlab 软件可以算得如下结果:

表 5.5.1

疾病类型	病种比例	分配病床数
白内障 (单眼)	22.3%	18
白内障 (双眼)	26.7%	21
视网膜疾病	33.5%	26
青光眼	14.3%	11
外伤	3.2%	3
最短平均逗留时间	19.2	

上表中的数据显示: 各个病种的分配比例与模型 III 中给出的比较接近, 这里我们不仅给出了病种分配比例, 还给出了所有病人的最短平均逗留时间。

六、模型的比较

1、模型 I 与模型 I' 的比较

模型 I 是在周六周日正常安排手术的情况下建立的，而模型 I' 是在周六周日不安排手术的情况下建立的，由表 5.2.8 和表 5.4.1 知，模型 I 下的病床工作效率要高于模型 I' 的病床工作效率，这主要是因为周六周日不安排手术导致等待手术的病人越来越多，病床周转率降低。

2、模型 III 与模型 IV 的比较

模型 III 和模型 IV 分别给出了各病种的病床分配比例，而且非常接近，两者各有优点：模型 III 理论性较强，也便于操作，但所有病人的最短平均逗留时间不容易算出；模型 IV 比较简单，不仅可以算出各病种的病床分配比例，而且还可以求得所有病人的最短平均逗留时间，但计算过程比较复杂。建议医院在做选择时，可综合考虑两个模型。

七、模型的评价

1、模型的优点

首先，根据该医院各种眼科疾病手术安排的特殊性，我们从平均逗留时间和病床周转率两个方面建立了基于层次分析法的病床安排线性规划模型，根据已知的第二天拟出院病人数可以合理地确定出第二天应该安排哪些病人住院，并计算各评价对象指标值与最优值的相对接近程度，得出的结论是：用我们的模型计算出的相对接近程度要优于用该医院原先的各评价对象指标值计算出的相对接近程度。

其次，由 Lindeberg-Levy 中心极限定理，近似给出每一类眼科病人由就诊到入院的平均等待时间的置信水平为 $1-\alpha$ 的近似置信区间估计，即大致的入住时间区间。

最后，从便于管理的角度建立了基于合作对策的 Shapley 值算法的病床比例分配模型和基于平均逗留时间的病床比例分配模型，给出合理的病床分配比例，并且使得所有病人在系统内的平均逗留时间达最短。

2、模型的缺点

在我们的模型中，我们都是假设病人源不受季节影响，并且病人源认为是无限源，但是，现实生活中，无限源很难得到保证；另外，在我们的模型中我们重点考虑平均逗留时间和病床周转次数，对于其它的一些病床工作效率指标没有过多考虑，这对计算结果也由一定的影响。

参考文献

- [1] 毕兆荣，左娅佳. 以“病床利用模型”评价科室病床利用[J]. 东南国防医药，2004，6（5）：380-382.
- [2] 殷玉磊，孙华. 应用模糊性度量评价医院病床工作效率[J]. 安徽中医学院，1993(12)：70-71.
- [3] 李瑞波，马晓慧，孙静. 病床工作效率指标在医院科室病床设置中的应用[J]. 中国医院管理，2002，22（5）：20—21.

- [4] 张天霞, 郎虹, 宋媛媛. 关于病床工作效率的分析[J]. 中国卫生统计, 2005, 22(3): 182.
- [5] 申顺子. 应用 TOPSIS 法对病床工作效率综合评价[J]. 中国病案, 2007, 8(11): 26-27.
- [6] 孟迪. 浅谈病床工作效率管理图的应用[J]. 河南外科学杂志, 2006, 12 (2): 85-86.
- [7] <http://zhidao.baidu.com/question/58939838.html>.

附表 1 该医院 2008 年 7 月 13 日至 2008 年 9 月 11 日病人信息中需要预测出院的情况

	病种	门诊时间	入院时间	第一次手术	第二次手术	出院时间
1	视网膜疾病	2008-8-15	2008-8-29	2008-8-31	/	2008-9-12
2	视网膜疾病	2008-8-16	2008-8-29	2008-8-31	/	2008-9-12
3	白内障(双眼)	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-12
4	青光眼	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-4	/	2008-9-12
5	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-4	/	2008-9-13
6	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-4	/	2008-9-13
7	白内障(双眼)	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-12
8	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-2	2008-9-4	/	2008-9-14
9	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-5	/	2008-9-15
10	白内障(双眼)	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-12
11	白内障(双眼)	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-12
12	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-5	/	2008-9-15
13	白内障	2008-8-19	2008-9-4	2008-9-8	/	2008-9-12
14	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
15	视网膜疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
16	视网膜疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
17	视网膜疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
18	视网膜疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
19	白内障(双眼)	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-12
20	视网膜疾病	2008-8-21	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-17

21	白内障(双眼)	2008-8-22	2008-9-5	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
22	白内障(双眼)	2008-8-22	2008-9-5	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
23	视网膜疾病	2008-8-22	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-17
24	青光眼	2008-8-23	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-15
25	青光眼	2008-8-23	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-15
26	白内障(双眼)	2008-8-23	2008-9-5	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-14
27	视网膜疾病	2008-8-23	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-18
28	白内障(双眼)	2008-8-23	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-14
29	白内障(双眼)	2008-8-23	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-14
30	青光眼	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-16
31	视网膜疾病	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-18
32	白内障(双眼)	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-14
33	视网膜疾病	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-18
34	视网膜疾病	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-18
35	白内障(双眼)	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-14
36	青光眼	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-16
37	视网膜疾病	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-18
38	视网膜疾病	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-18
39	青光眼	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-16
40	白内障(双眼)	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-14
41	白内障(双眼)	2008-8-25	2008-9-7	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-14
42	视网膜疾病	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-9	/	2008-9-19
43	白内障	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-8	/	2008-9-12
44	白内障(双眼)	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-15
45	视网膜疾病	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-9	/	2008-9-19
46	视网膜疾病	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-11	/	2008-9-20
47	视网膜疾病	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-11	/	2008-9-20
48	白内障	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-10	/	2008-9-13

49	视网膜疾病	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-11	/	2008-9-20
50	白内障(双眼)	2008-8-27	2008-9-9	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-22
51	视网膜疾病	2008-8-28	2008-9-9	2008-9-11	/	2008-9-21
52	白内障	2008-8-28	2008-9-9	2008-9-10	/	2008-9-14
53	白内障(双眼)	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
54	视网膜疾病	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
55	视网膜疾病	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
56	视网膜疾病	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
57	白内障(双眼)	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
58	白内障(双眼)	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
59	青光眼	2008-8-28	2008-9-9	2008-9-11	/	2008-9-19
60	青光眼	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-20
61	视网膜疾病	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
62	青光眼	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-20
63	白内障(双眼)	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
64	视网膜疾病	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
65	白内障	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	/	2008-9-19
66	白内障(双眼)	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
67	白内障	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	/	2008-9-19
68	白内障(双眼)	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
69	视网膜疾病	2008-8-30	2008-9-11	2008-9-13	/	2008-9-23
70	白内障	2008-8-30	2008-9-11	2008-9-15	/	2008-9-19
71	视网膜疾病	2008-8-30	2008-9-11	2008-9-13	/	2008-9-23
72	外伤	2008-9-4	2008-9-5	2008-9-6	/	2008-9-12
73	外伤	2008-9-5	2008-9-6	2008-9-7	/	2008-9-13
74	外伤	2008-9-5	2008-9-6	2008-9-7	/	2008-9-13
75	外伤	2008-9-5	2008-9-6	2008-9-7	/	2008-9-13
76	外伤	2008-9-6	2008-9-7	2008-9-8	/	2008-9-14
77	外伤	2008-9-8	2008-9-9	2008-9-10	/	2008-9-16
78	外伤	2008-9-9	2008-9-10	2008-9-11	/	2008-9-17
79	外伤	2008-9-9	2008-9-10	2008-9-11	/	2008-9-17

附表 2 该医院 2008 年 7 月 13 日至 2008 年 9 月 11 日病人信息中需要安排住院的情况

序号	类型	门诊时间	入院时间	第一手术时间	第二手术时间	出院时间
1	白内障(双眼)	2008-8-30	2008-9-13	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
2	视网膜疾病	2008-8-30	2008-9-12	2008-9-14	/	2009-9-24
3	青光眼	2008-8-30	2008-9-12	2008-9-14	/	2008-9-22
4	视网膜疾病	2008-8-30	2008-9-12	2008-9-14	/	2009-9-24
5	视网膜疾病	2008-8-30	2008-9-12	2008-9-14	/	2009-9-24
6	白内障(双眼)	2008-8-30	2008-9-13	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
7	白内障	2008-8-31	2008-9-13	2008-9-15	/	2008-9-18
8	青光眼	2008-8-31	2008-9-12	2008-9-14	/	2008-9-22
9	白内障(双眼)	2008-8-31	2008-9-13	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
10	视网膜疾病	2008-8-31	2008-9-12	2008-9-14	/	2009-9-24
11	视网膜疾病	2008-8-31	2008-9-12	2008-9-14	/	2009-9-24
12	视网膜疾病	2008-8-31	2008-9-12	2008-9-14	/	2009-9-24
13	青光眼	2008-8-31	2008-9-12	2008-9-14	/	2008-9-22
14	白内障	2008-8-31	2008-9-13	2008-9-15	/	2008-9-18
15	视网膜疾病	2008-9-1	2008-9-12	2008-9-14	/	2009-9-24
16	视网膜疾病	2008-9-1	2008-9-17	2008-9-20	/	2008-9-29
17	青光眼	2008-9-1	2008-9-17	2008-9-20	/	2008-9-27
18	白内障(双眼)	2008-9-1	2008-9-13	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-21
19	白内障(双眼)	2008-9-1	2008-9-14	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-22
20	白内障(双眼)	2008-9-1	2008-9-14	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-22
21	视网膜疾病	2008-9-1	2008-9-17	2008-9-20	/	2008-9-29
22	白内障	2008-9-1	2008-9-13	2008-9-15	/	2008-9-18
23	视网膜疾病	2008-9-1	2008-9-18	2008-9-21	/	2008-9-30
24	视网膜疾病	2008-9-1	2008-9-18	2008-9-21	/	2008-9-30
25	白内障	2008-9-2	2008-9-13	2008-9-15	/	2008-9-18
26	白内障	2008-9-2	2008-9-14	2008-9-15	/	2008-9-19
27	白内障(双眼)	2008-9-2	2008-9-14	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-22
28	白内障	2008-9-2	2008-9-14	2008-9-15	/	2008-9-19
29	视网膜疾病	2008-9-2	2008-9-18	2008-9-21	/	2008-9-30

30	视网膜疾病	2008-9-3	2008-9-18	2008-9-21	/	2008-9-30
31	视网膜疾病	2008-9-3	2008-9-18	2008-9-21	/	2008-9-30
32	白内障(双眼)	2008-9-3	2008-9-14	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-22
33	白内障	2008-9-3	2008-9-14	2008-9-15	/	2008-9-19
34	视网膜疾病	2008-9-3	2008-9-18	2008-9-21	/	2008-9-30
35	白内障	2008-9-3	2008-9-14	2008-9-15	/	2008-9-19
36	视网膜疾病	2008-9-3	2008-9-18	2008-9-21	/	2008-9-30
37	视网膜疾病	2008-9-3	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-10-1
38	白内障(双眼)	2008-9-4	2008-9-14	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-22
39	白内障	2008-9-4	2008-9-14	2008-9-15	/	2008-9-19
40	青光眼	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-9-29
41	视网膜疾病	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-10-1
42	视网膜疾病	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-10-1
43	视网膜疾病	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-10-1
44	青光眼	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-9-29
45	白内障(双眼)	2008-9-4	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
46	白内障(双眼)	2008-9-4	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
47	青光眼	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-9-29
48	青光眼	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-9-29
49	视网膜疾病	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-10-1
50	视网膜疾病	2008-9-4	2008-9-19	2008-9-23	/	2008-10-1
51	白内障(双眼)	2008-9-5	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
52	白内障(双眼)	2008-9-5	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
53	白内障(双眼)	2008-9-5	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
54	视网膜疾病	2008-9-5	2008-9-24	2008-9-26	/	2008-10-6
55	白内障(双眼)	2008-9-5	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
56	青光眼	2008-9-5	2008-9-24	2008-9-26	/	2008-10-4
57	白内障(双眼)	2008-9-5	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
58	白内障	2008-9-5	2008-9-21	2008-9-22	/	2008-9-26
59	白内障(双眼)	2008-9-5	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28

60	白内障(双眼)	2008-9-5	2008-9-20	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-28
61	白内障(双眼)	2008-9-6	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
62	视网膜疾病	2008-9-6	2008-9-24	2008-9-26	/	2008-10-6
63	青光眼	2008-9-6	2008-9-24	2008-9-26	/	2008-10-4
64	白内障(双眼)	2008-9-6	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
65	视网膜疾病	2008-9-7	2008-9-24	2008-9-26	/	2008-10-6
66	白内障(双眼)	2008-9-7	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
67	视网膜疾病	2008-9-7	2008-9-24	2008-9-26	/	2008-10-6
68	白内障	2008-9-8	2008-9-15	2008-9-17	/	2008-9-20
69	视网膜疾病	2008-9-8	2008-9-25	2008-9-27	/	2008-10-6
70	视网膜疾病	2008-9-8	2008-9-25	2008-9-27	/	2008-10-6
71	白内障	2008-9-8	2008-9-15	2008-9-17	/	2008-9-20
72	白内障(双眼)	2008-9-8	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
73	白内障	2008-9-8	2008-9-15	2008-9-17	/	2008-9-20
74	视网膜疾病	2008-9-8	2008-9-25	2008-9-27	/	2008-10-6
75	白内障	2008-9-8	2008-9-15	2008-9-17	/	2008-9-20
76	青光眼	2008-9-9	2008-9-25	2008-9-27	/	2008-10-5
77	青光眼	2008-9-9	2008-9-26	2008-9-28	/	2008-10-6
78	视网膜疾病	2008-9-9	2008-9-26	2008-9-28	/	2008-10-8
79	白内障	2008-9-9	2008-9-16	2008-9-17	/	2008-9-21
80	白内障	2008-9-9	2008-9-16	2008-9-17	/	2008-9-21
81	视网膜疾病	2008-9-10	2008-9-26	2008-9-28	/	2008-10-8
82	白内障	2008-9-10	2008-9-16	2008-9-17	/	2008-9-21
83	白内障(双眼)	2008-9-10	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
84	白内障	2008-9-10	2008-9-16	2008-9-17	/	2008-9-21
85	白内障	2008-9-10	2008-9-16	2008-9-17	/	2008-9-21
86	白内障(双眼)	2008-9-10	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
87	白内障	2008-9-10	2008-9-16	2008-9-17	/	2008-9-21
88	青光眼	2008-9-10	2008-9-26	2008-9-28	/	2008-10-6
89	白内障(双眼)	2008-9-10	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
90	视网膜疾病	2008-9-11	2008-9-30	2008-10-2	/	2008-10-12
91	视网膜疾病	2008-9-11	2008-9-30	2008-10-2	/	2008-10-12

92	青光眼	2008-9-11	2008-9-30	2008-10-2	/	2008-10-10
93	白内障(双眼)	2008-9-11	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
94	白内障(双眼)	2008-9-11	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
95	青光眼	2008-9-11	2008-9-30	2008-10-2	/	2008-10-10
96	白内障(双眼)	2008-9-11	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
97	外伤	2008-9-11	2008-9-12	2008-9-13	/	2008-9-19
98	白内障(双眼)	2008-9-11	2008-9-21	2008-9-22	2008-9-24	2008-9-29
99	视网膜疾病	2008-9-11	2008-10-1	2008-10-3	/	2008-10-13
100	白内障	2008-9-11	2008-9-16	2008-9-17	/	2008-9-21
101	视网膜疾病	2008-9-11	2008-10-1	2008-10-3	/	2008-10-13
102	视网膜疾病	2008-9-11	2008-10-1	2008-10-3	/	2008-10-13